

Docket No.: 50024-030

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of : Customer Number: 20277
Hiroshi KANNO, et al. : Confirmation Number: 7163
Application No.: 10/809,804 : Group Art Unit: 2879
Filed: March 26, 2004 : Examiner: Not yet assigned
For: ORGANIC ELECTROLUMINESCENT DEVICE

TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENTS

Mail Stop Missing Parts
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

At the time the above application was filed, priority was claimed based on the following applications:

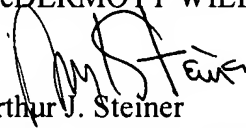
Japanese Application No. 2003-089415, filed March 27, 2003 and

Japanese Application No. 2004-079216, filed March 18, 2004.

A copy of each priority application listed above is enclosed.

Respectfully submitted,

McDERMOTT WILL & EMERY LLP


Arthur J. Steiner
Registration No. 26,106

600 13th Street, N.W.
Washington, DC 20005-3096
Phone: 202.756.8000 AJS:ete
Facsimile: 202.756.8087
Date: December 14, 2004

***Please recognize our Customer No. 20277
as our correspondence address.***

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

50024-000
101809, 804
KANNO et al.
March 26, 2004

McDermott Will & Emery LLP

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2004年 3月18日

出願番号
Application Number: 特願2004-079216

ST. 10/C]: [JP2004-079216]

願人
Applicant(s): 三洋電機株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2004年 5月26日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫

【書類名】 特許願
【整理番号】 NPA1040044
【提出日】 平成16年 3月18日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H05B 33/00
G09G 3/30

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号 三洋電機株式会社内
【氏名】 神野 浩

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号 三洋電機株式会社内
【氏名】 松末 哲征

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号 三洋電機株式会社内
【氏名】 齊藤 香織

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号 三洋電機株式会社内
【氏名】 浜田 祐次

【特許出願人】
【識別番号】 000001889
【氏名又は名称】 三洋電機株式会社

【代理人】
【識別番号】 100098305
【弁理士】
【氏名又は名称】 福島 祥人
【電話番号】 06-6330-5625

【先の出願に基づく優先権主張】
【出願番号】 特願2003- 89415
【出願日】 平成15年 3月27日

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 032920
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 0006012

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】

第 1 の電極と第 2 の電極との間に発光層を備えた有機エレクトロルミネッセンス素子であって、

前記発光層は、異なる 2 種以上の発光材料を含み、前記異なる 2 種以上の発光材料のうち少なくとも 1 種は燐光発光材料であることを特徴とする有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項 2】

前記発光層は、短波長発光層と長波長発光層とを含み、前記短波長発光層が発する光のピーク波長のうち少なくとも 1 つは 430 nm～520 nm の範囲にあり、前記長波長発光層が発する光のピーク波長のうち少なくとも 1 つは 520 nm～630 nm の範囲にあることを特徴とする請求項 1 記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

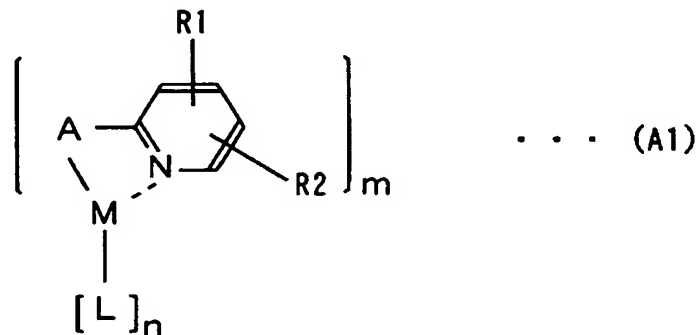
【請求項 3】

前記長波長発光層は、第 1 のホスト材料と第 1 の燐光発光材料とを含むことを特徴とする請求項 2 記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項 4】

前記第 1 の燐光発光材料は、下記式 (A1) で表される分子構造を有し、式 (A1) 中の A は置換基であり、R1 および R2 はそれぞれ同一または異なり、水素原子、ハロゲン原子または置換基であり、L は置換基であり、M は重金属であり、m は 1、2 または 3 であり、 $2m + 2n = 6$ または $2m + n = 6$ であることを特徴とする請求項 3 記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【化 1】



【請求項 5】

前記 R1 は水素原子であり、前記 R2 は下記式 (A2) で表される分子構造を有し、式 (A2) 中の R3 は水素原子、ハロゲン原子または置換基であることを特徴とする請求項 4 記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【化 2】



【請求項 6】

前記 A は下記式 (A3) で表される分子構造を有し、式 (A3) 中の R4 は水素原子、ハロゲン原子または置換基であることを特徴とする請求項 4 または 5 記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【化3】

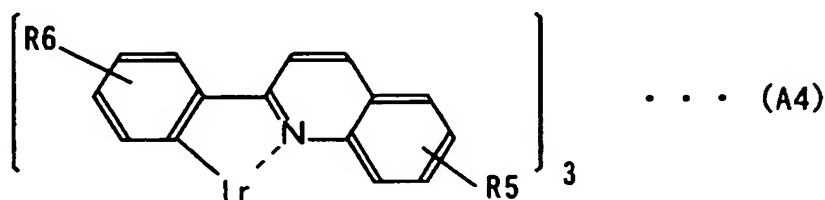


【請求項7】

前記第1の燐光発光材料は、下記式(A4)の分子構造を有するトリス(2-フェニルキノリン)イリジウム骨格を有し、

式(A4)中のR5およびR6は同一または異なり、水素原子、ハロゲン原子または置換基であることを特徴とする請求項4~6のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【化4】



【請求項8】

前記第1の電極は陽極であり、前記第2の電極は陰極であり、

前記陽極と前記陰極との間に前記長波長発光層および前記短波長発光層が順に形成され、

前記長波長発光層は、ホール輸送能力を有する第1の補助ドーパントをさらに含むことを特徴とする請求項3~7のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項9】

前記第1の燐光発光材料および前記第1の補助ドーパントの合計の体積率は、前記長波長発光層に対して3~40%であることを特徴とする請求項8記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項10】

前記第1のホスト材料の最高被占有分子軌道のエネルギーレベルH6、前記第1の燐光発光材料の最高被占有分子軌道のレベルH4および前記第1の補助ドーパントの最高被占有分子軌道のレベルH5は、

$$H4 < H5 < H6 \quad \dots (5)$$

$$|H6 - H5| < 0.4 \text{ eV} \quad \dots (6)$$

$$|H5 - H4| < 0.4 \text{ eV} \quad \dots (7)$$

上式(5)~(7)で表される関係を満足することを特徴とする請求項8または9記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項11】

前記第1の補助ドーパントは、アミン系材料、アントラセン誘導体またはイリジウム錯体からなることを特徴とする請求項8~10のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項12】

前記長波長発光層が発する光の極大発光ピーク強度と前記短波長発光層が発する光の極大発光ピーク強度との比が100対20~100であることを特徴とする請求項3~11のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項13】

前記第1の電極は陽極であり、前記第2の電極は陰極であり、

前記陽極と前記陰極との間に前記長波長発光層および前記短波長発光層が順に形成され、

前記短波長発光層は第2のホスト材料と補助ドーパントとをさらに含み、

前記補助ドーパントは前記第1のホスト材料と同じ材料からなることを特徴とする請求項3～7のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項14】

前記短波長発光層は第2の燐光発光材料を含むことを特徴とする請求項13記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

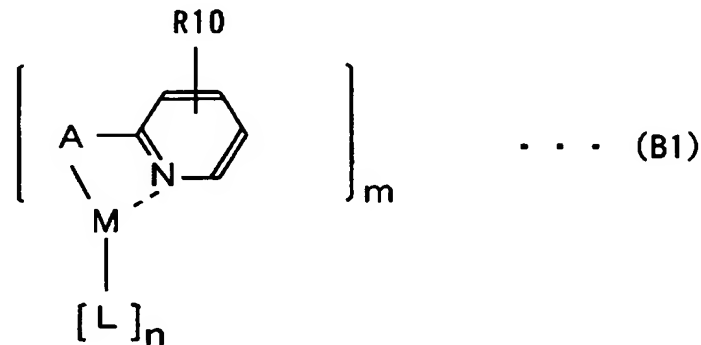
【請求項15】

前記短波長発光層は、第2のホスト材料と第2の燐光発光材料とを含むことを特徴とする請求項3～7のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項16】

前記第2の燐光発光材料は、下記式(B1)で表される分子構造を有し、式(B1)中のAは置換基であり、R10は、水素原子、ハロゲン原子または置換基であり、Lは置換基であり、Mは重金属であり、mは1、2または3であり、 $2m + 2n = 6$ または $2m + n = 6$ であることを特徴とする請求項15記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【化5】



【請求項17】

前記Aは下記式(B2)で表される分子構造を有し、式(B2)中のR11は水素原子、ハロゲン原子または置換基であることを特徴とする請求項16記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【化6】



【請求項18】

前記第1の電極は陽極であり、前記第2の電極は陰極であり、

前記陽極と前記陰極との間に前記短波長発光層および前記長波長発光層が順に形成され、

前記短波長発光層は、ホール輸送能力を有する第2の補助ドーパントをさらに含むことを特徴とする請求項15～17のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項19】

前記第2の燐光発光材料と前記第2の補助ドーパントとの合計の体積率は、前記短波長発光層に対して3～40%であることを特徴とする請求項18記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項20】

前記第2のホスト材料の最高被占有分子軌道のエネルギーレベルH3、前記第2の燐光発光材料の最高被占有分子軌道のエネルギーレベルH1および前記第2の補助ドーパントの最高被占有分子軌道のエネルギーレベルH2は、

$$H1 < H2 < H3 \quad \cdots (9)$$

上式(9)で表される関係を満足することを特徴とする請求項18または19記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項21】

前記第2の補助ドーパントは、アミン系材料、アントラセン誘導体またはイリジウム錯体からなることを特徴とする請求項18～20のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項22】

前記短波長発光層が発する光の極大発光ピーク強度と前記長波長発光層が発する光の極大発光ピーク強度との比が100対20～100であることを特徴とする請求項15～21のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項23】

前記第1の電極は陽極であり、前記第2の電極は陰極であり、

前記陽極と前記陰極との間に前記短波長発光層および前記長波長発光層が順に形成され、

前記長波長発光層は第1のホスト材料をさらに含み、

前記短波長発光層は第2のホスト材料と補助ドーパントとをさらに含み、

前記補助ドーパントは前記第1のホスト材料と同じ材料からなることを特徴とする請求項15～17のいずれかに記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項24】

前記長波長発光層は、第1のホスト材料と第1の燐光発光材料とを含み、

前記短波長発光層は、第2のホスト材料と第2の燐光発光材料と補助ドーパントとを含み、

前記補助ドーパントは前記第1のホスト材料と同じ材料からなることを特徴とする請求項2記載の有機エレクトロルミネッセンス素子。

【書類名】明細書

【発明の名称】有機エレクトロルミネッセンス素子

【技術分野】

【0001】

本発明は、有機エレクトロルミネッセンス素子（以下、有機EL素子と呼ぶ）に関する

【背景技術】

【0002】

近年、情報技術（IT）の興隆に伴い、厚さ数mm程度の薄型でフルカラー表示が可能な薄型表示素子への要望が高まっている。このような薄型表示素子として、有機EL素子の開発が進められている。

【0003】

フルカラー表示を実現するための方法としては、赤色発光素子、緑色発光素子および青色発光素子を用いる方法（例えば、特許文献1参照）と、白色発光素子と、光の3原色の単色光を透過させるカラーフィルタとを組み合わせる方法とが挙げられる。この白色発光素子は青色発光材料とオレンジ色発光材料とを含み、青色発光材料が発する青色光とオレンジ色発光材料が発するオレンジ光とを同時に発光させて白色を実現していた。

【特許文献1】特開2001-93667号公報

【非特許文献1】J.kido, M.Kumura, K.Nagai, Science, 267, 1332, 1995

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、青色発光材料およびオレンジ色発光材料を用いて白色発光を実現する場合、それぞれの発光が高効率でなければ白色としての高効率化は実現できない。従来の白色発光素子では10cd/Aの発光効率が限界であった（例えば、非特許文献1参照）。

【0005】

また、白色発光素子とカラーフィルタとを組み合わせるフルカラー表示を行う場合、カラーフィルタにより白色光の一部が吸収されてしまい、高輝度な光を得られない。それにより、白色発光素子とカラーフィルタとを組み合わせるフルカラー表示を行う場合には、赤色発光素子、緑色発光素子および青色発光素子を用いてフルカラー表示を行う場合に比べて消費電力が大きくなるとともに輝度が低くなる。

【0006】

本発明の目的は、高効率な白色光の取り出しが可能な有機EL素子を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明に係る有機エレクトロルミネッセンス素子は、第1の電極と第2の電極との間に発光層を備えた有機エレクトロルミネッセンス素子であって、発光層は、異なる2種以上の発光材料を含み、異なる2種以上の発光材料のうち少なくとも1種は燐光発光材料であるものである。

【0008】

本発明に係る有機エレクトロルミネッセンス素子においては、第1および第2の電極の一方から発光層にホールが供給され、第1および第2の電極の他方から発光層に電子が供給される。それにより、発光層に含まれる異なる2種以上の発光材料が発光する。この場合、それらの光の1種以上は燐光である。したがって、発光層は光強度の高い光を発しする。その結果、高効率な白色光の取り出しが可能である。

【0009】

発光層は、短波長発光層と長波長発光層とを含み、短波長発光層が発する光のピーク波長のうち少なくとも1つは430nm～520nmの範囲にあり、長波長発光層が発する光のピーク波長のうち少なくとも1つは520nm～630nmの範囲にあってもよい。

【0010】

この場合、短波長発光層は主として青色光を発し、長波長発光層は主としてオレンジ光を発する。したがって、高効率な白色光の取り出しが可能である。

【0011】

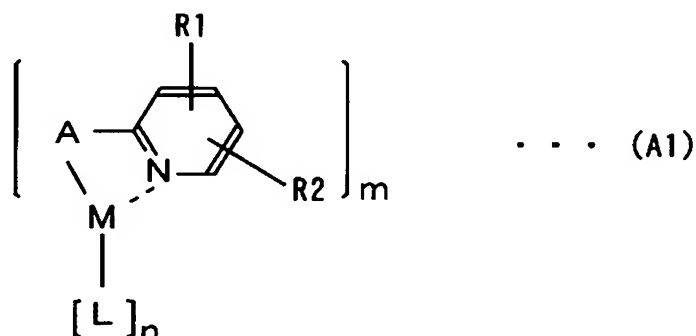
長波長発光層は、第1のホスト材料と第1の燐光発光材料とを含んでもよい。第1の燐光発光材料は、下記式(A1)で表される分子構造を有し、式(A1)中のAは置換基であり、R1およびR2はそれぞれ同一または異なり、水素原子、ハロゲン原子または置換基であり、Lは置換基であり、Mは重金属であり、mは1、2または3であり、 $2m+2n=6$ または $2m+n=6$ であってもよい。

【0012】

この場合、長波長発光層は光強度の高いオレンジ光を発する。したがって、高効率な白色光の取り出しが可能である。

【0013】

【化1】



【0014】

R1は水素原子であり、R2は下記式(A2)で表される分子構造を有し、式(A2)中のR3は水素原子、ハロゲン原子または置換基であってもよい。

【0015】

この場合、長波長発光層は光強度の高いオレンジ光を発する。したがって、高効率な白色光の取り出しが可能である。

【0016】

【化2】



【0017】

Aは下記式(A3)で表される分子構造を有し、式(A3)中のR4は水素原子、ハロゲン原子または置換基であってもよい。

【0018】

この場合、長波長発光層は光強度の高いオレンジ光を発する。したがって、高効率な白色光の取り出しが可能である。

【0019】

【化3】



【0020】

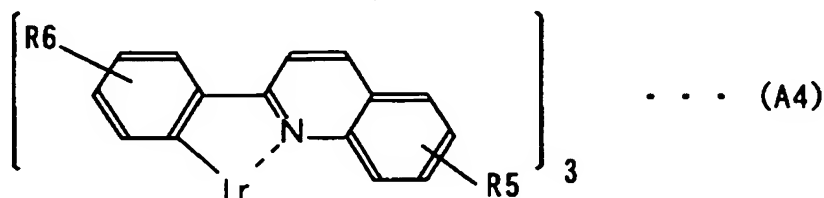
第1の燐光発光材料は、下記式(A4)の分子構造を有するトリス(2-フェニルキノリン)イリジウム骨格を有し、式(A4)中のR5およびR6は同一または異なり、水素原子、ハロゲン原子または置換基であってもよい。

【0021】

この場合、長波長発光層は光強度の高いオレンジ光を発する。したがって、高効率な白色光の取り出しが可能である。

【0022】

【化4】



【0023】

第1の電極は陽極であり、第2の電極は陰極であり、陽極と陰極との間に長波長発光層および短波長発光層が順に形成され、長波長発光層は、ホール輸送能力を有する第1の補助ドーパントをさらに含んでもよい。

【0024】

この場合、陽極から長波長発光層に供給されるホールが長波長発光層を通過しやすくなる。それにより、供給されたホールと陰極から短波長発光層に供給される電子とが短波長発光層において再結合しやすくなる。したがって、陽極から長波長発光層に供給されるホールの大部分が長波長発光層において電子と再結合することにより長波長発光層のオレンジ光の発光強度が短波長発光層の青色光の発光強度に比べて高くなることが防止される。

【0025】

第1の燐光発光材料および第1の補助ドーパントの合計の体積率は、長波長発光層に対して3~40%であってもよい。この場合、陽極から長波長発光層に供給されるホールが長波長発光層を通過しやすくなる。それにより、供給されたホールと電子とが短波長発光層において再結合しやすくなる。

【0026】

第1のホスト材料の最高被占有分子軌道のエネルギーレベルH6、第1の燐光発光材料の最高被占有分子軌道のレベルH4および第1の補助ドーパントの最高被占有分子軌道のレベルH5は、下式(5)~(7)で表される関係を満足してもよい。

【0027】

$$H4 < H5 < H6 \quad \dots (5)$$

$$|H6 - H5| < 0.4 \text{ eV} \quad \dots (6)$$

$$|H5 - H4| < 0.4 \text{ eV} \quad \dots (7)$$

この場合、陽極から長波長発光層に供給されるホールが長波長発光層を通過しやすくなる。それにより、供給されたホールと電子とが短波長発光層において再結合しやすくなる。

【0028】

第1の補助ドーパントは、アミン系材料、アントラセン誘導体またはイリジウム錯体から構成されてもよい。この場合、陽極から長波長発光層に供給されるホールが長波長発光層を通過しやすくなる。それにより、供給されたホールと電子とが短波長発光層において再結合しやすくなる。

【0029】

長波長発光層が発する光の極大発光ピーク強度と短波長発光層が発する光の極大発光ピーク強度との比が100対20～100であってもよい。この場合、オレンジ光の光強度と青色光の光強度が同程度となる。したがって、高効率な白色光の取り出しが可能である。

【0030】

第1の電極は陽極であり、第2の電極は陰極であり、陽極と陰極との間に長波長発光層および短波長発光層が順に形成され、短波長発光層は、第2のホスト材料と補助ドーパントとをさらに含み、補助ドーパントは第1のホスト材料と同じ材料からなってもよい。

【0031】

この場合、短波長発光層の補助ドーパントが長波長発光層の第1のホスト材料と同じ材料からなることにより、短波長発光層への正孔の注入量が増大する。それにより、短波長発光層の発光強度が向上する。

【0032】

短波長発光層は第2の燐光発光材料を含んでもよい。この場合、短波長発光層が光強度の高い光を発する。

【0033】

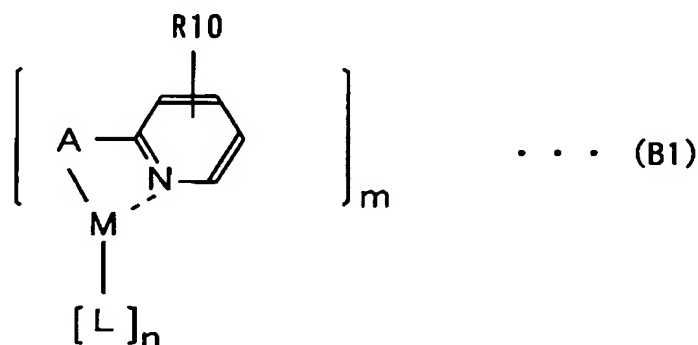
短波長発光層は、第2のホスト材料と第2の燐光発光材料とを含んでもよい。第2の燐光発光材料は、下記式(B1)で表される分子構造を有し、式(B1)中のAは置換基であり、R10は、水素原子、ハロゲン原子または置換基であり、Lは置換基であり、Mは重金属であり、mは1、2または3であり、 $2m + 2n = 6$ または $2m + n = 6$ であってもよい。

【0034】

この場合、短波長発光層は光強度の高い青色光を発する。したがって、高効率な白色光の取り出しが可能である。

【0035】

【化5】

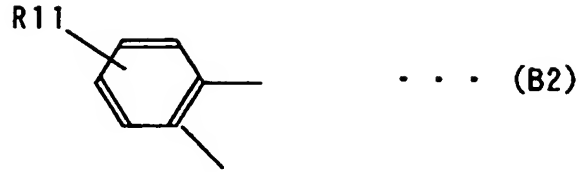


【0036】

Aは下記式(B2)で表される分子構造を有し、式(B2)中のR11は水素原子、ハロゲン原子または置換基であってもよい。

【0037】

【化 6】



【0038】

この場合、短波長発光層は光強度の高い青色光を発する。したがって、高効率な白色光の取り出しが可能である。

【0039】

第1の電極は陽極であり、第2の電極は陰極であり、陽極と陰極との間に短波長発光層および長波長発光層が順に形成され、短波長発光層は、ホール輸送能力を有する第2の補助ドーパントをさらに含んでもよい。

【0040】

この場合、陽極から短波長発光層に供給されるホールが短波長発光層を通過しやすくなる。それにより、供給されたホールと陰極から長波長発光層に供給される電子とが長波長発光層において再結合しやすくなる。したがって、陽極から短波長発光層に供給されるホールの大部分が短波長発光層において電子と再結合することにより短波長発光層の青色光の発光強度が長波長発光層のオレンジ光の発光強度に比べて高くなることが防止される。

【0041】

第2の燐光発光材料と第2の補助ドーパントとの合計の体積率は、短波長発光層に対して3～40%であってもよい。この場合、陽極から短波長発光層に供給されるホールが短波長発光層を通過しやすくなる。それにより、供給されたホールと電子とが長波長発光層において再結合しやすくなる。

【0042】

第2のホスト材料の最高被占有分子軌道のエネルギーレベルH3、第2の燐光発光材料の最高被占有分子軌道のエネルギーレベルH1および第2の補助ドーパントの最高被占有分子軌道のエネルギーレベルH2は、下記式(9)で表される関係を満足してもよい。

【0043】

$$H1 < H2 < H3 \quad \cdots (9)$$

この場合、陽極から短波長発光層に供給されるホールが短波長発光層を通過しやすくなる。それにより、供給されたホールと電子とが長波長発光層において再結合しやすくなる。

【0044】

第2の補助ドーパントは、アミン系材料、アントラセン誘導体またはイリジウム錯体から構成されてもよい。この場合、陽極から短波長発光層に供給されるホールが短波長発光層を通過しやすくなる。それにより、供給されたホールと電子とが長波長発光層において再結合しやすくなる。

【0045】

短波長発光層が発する光の極大発光ピーク強度と長波長発光層が発する光の極大発光ピーク強度との比が100対20～100であってもよい。この場合、青色光の光強度とオレンジ光の光強度が同程度となる。したがって、高効率な白色光の取り出しが可能である。

【0046】

第1の電極は陽極であり、第2の電極は陰極であり、陽極と陰極との間に短波長発光層および長波長発光層が順に形成され、長波長発光層は第1のホスト材料をさらに含み、短波長発光層は第2のホスト材料と補助ドーパントとをさらに含み、補助ドーパントは第1のホスト材料と同じ材料からなってもよい。

【0047】

この場合、短波長発光層の補助ドーパントが長波長発光層の第1のホスト材料と同じ材料からなることにより、短波長発光層への電子の注入量が増大する。それにより、短波長発光層の発光強度が向上する。

【0048】

長波長発光層は、第1のホスト材料と第1の燐光発光材料とを含み、短波長発光層は第2のホスト材料と第2の燐光発光材料と補助ドーパントとを含み、補助ドーパントは第1のホスト材料と同じ材料からなってもよい。

【0049】

この場合、短波長発光層の補助ドーパントが長波長発光層の第1のホスト材料と同じ材料からなることにより、短波長発光層への正孔または電子の注入量が増大する。それにより、短波長発光層の発光強度が向上する。

【発明の効果】

【0050】

本発明に係る有機エレクトロルミネッセンス素子においては、発光層に含まれる異なる2種以上の発光材料から発せられる光の1種以上が燐光であるので、発光層は光強度の高い光を発する。その結果、高効率な白色光の取り出しが可能である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0051】

(第1の実施の形態)

図1は、本発明の一実施の形態に係る有機EL素子を示す模式的な断面図である。

【0052】

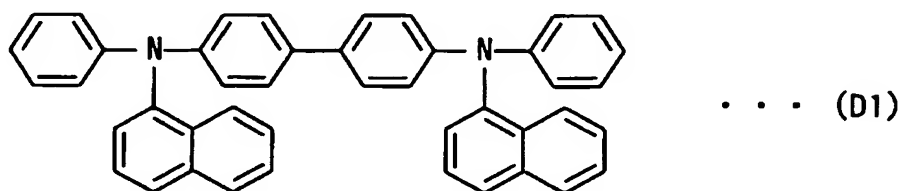
図1に示す有機EL素子100の作製時には、予めガラス基板1上に $\text{In}_2\text{O}_3-\text{SnO}_2$ (ITO) からなる陽極2を形成し、この陽極2上に、 10^{-4} Pa 台の真空度で蒸着法により、ホール注入層3、ホール輸送層4、青色光発光層5、オレンジ光発光層6、電子輸送層7および電子注入層8を順に形成して有機薄膜層10を形成する。さらに、この有機薄膜層10上に、マグネシウムとインジウムとの合金 (Mg:In) からなる陰極9を形成する。

【0053】

ホール輸送層4は、例えば、下記式(D1)で表される分子構造を有するN, N'-ジ(ナフタレン-1-イル)-N, N'-ジフェニルベンジジン (N,N'-Di(naphthalene-1-yl)-N,N'-diphenyl-benzidine: 以下、NPBと称する)、下記式(D2)で表される分子構造を有する4, 4'-トリス (N-(2-ナフチル)-N-フェニル-アミノ)-トリフェニルアミン (4,4'-Tris(N-(2-naphthyl)-N-phenyl-amino)-triphenylamine: 以下、2TNATAと称する)、N, N'-ビス(3-メチルフェニル)-N, N'-ビス(フェニル)-ベンジジン (N,N'-Bis-(3-methylphenyl)-N,N'-bis-(phenyl)-benzidine: 以下、TPDと称する) 等のアミン系材料から構成される。

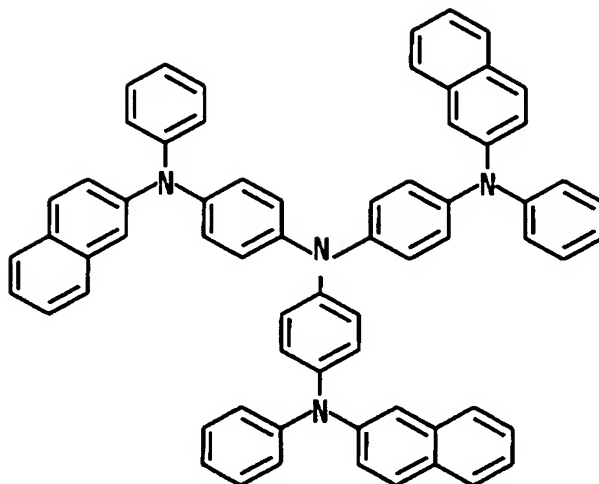
【0054】

【化7】



【0055】

【化 8】



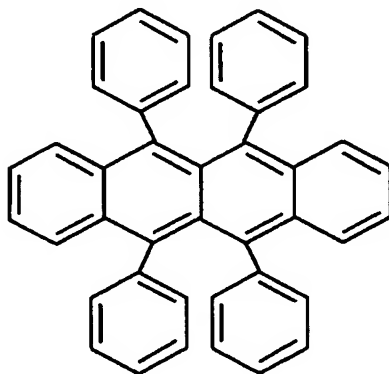
... (D2)

【0056】

また、ホール輸送層 4 は、下記式 (D3) で表される分子構造を有するルブレン (Rubrene) 等のアントラセン誘導体または下記式 (D4) で表される分子構造を有するトリス (2-フェニルピリジン) イリジウム (Tris(2-phenylpyridine)iridium: 以下、Ir(pppy) と称する) から構成されてもよい。

【0057】

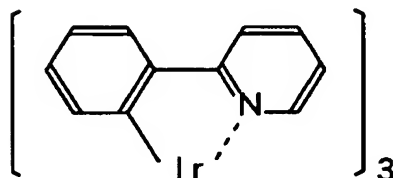
【化 9】



... (D3)

【0058】

【化 10】



... (D4)

【0059】

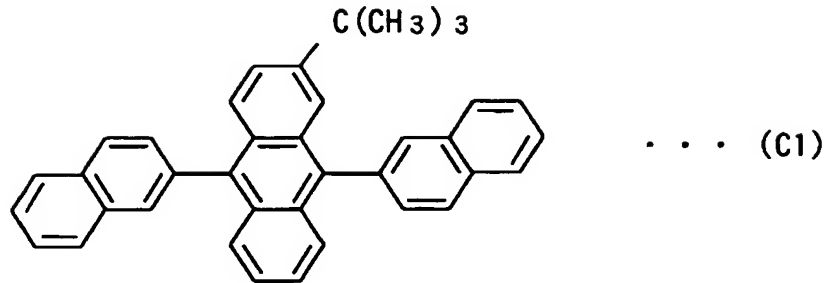
青色光発光層 5 は、発光ドーパントおよび補助ドーパントがドーブされたホスト材料から構成される。

【0060】

青色光発光層 5 のホスト材料は、例えば、下記式 (C1) で表される分子構造を有する tert-ブチル置換ジナフチルアントラセン (以下、化合物 A と称する) から構成される。

【0061】

【化11】

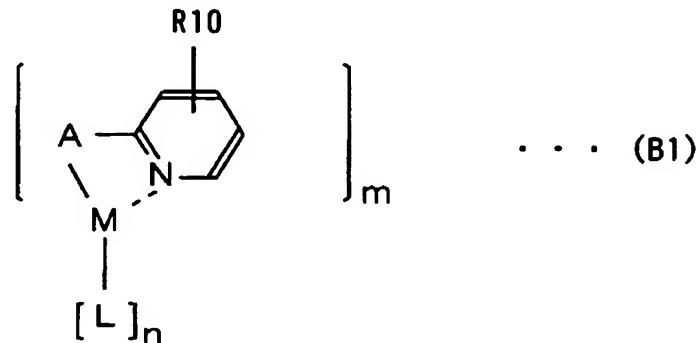


【0062】

青色光発光層5のホスト材料にドーブされる発光ドーパント（燐光発光材料）は、下記式（B1）で表される分子構造を有することが好ましい。なお、式（B1）中のR10は、水素原子、ハロゲン原子または置換基である。Aは置換基であり、Lは配位子であり、Mは重金属である。

【0063】

【化12】



【0064】

R10の置換基は、例えば、シアノ基、シリル基、アルキニル基、アルケニル基、アルコキシ基、ヒドロキシ基、アミノ基、ニトロ基、ニトリル基、スルホ基、カルボキシ基、アルデヒド基等であり、20個までの炭素原子を有する飽和もしくは不飽和の直鎖もしくは枝分かれ状のものである。

【0065】

あるいは、R10の置換基は、ピリジン環と縮合するアリール基、複素芳香族基、縮合芳香族基等である。これらの基は、アルキル基、アルケニル基、アシクロアルキル基、アリール基等を有し、アリール基は、例えば、フェニル基またはヘテロアリール基であり、ヘテロ原子に酸素原子、硫黄原子もしくは窒素原子および／またはハロゲン原子、ヒドロキシ基、アミノ基、スルホ基、ホスホ基、カルボキシ基、アルデヒド基等から選択された置換基を有してもよい。

【0066】

また、上記式（B1）中のMの重金属が白金、パラジウム、イリジウム、ロジウム、レニウム等であってもよい。

【0067】

上記式（B1）中のm, nは、 $2m + 2n = 6$ または $2m + n = 6$ ($m = 1, 2, 3$) の関係を有する。Lは、Mに対して単座または2座配位子である。

【0068】

また、上記式（B1）中のAの置換基は下記式（B2）であってもよい。

【0069】

【化13】



【0070】

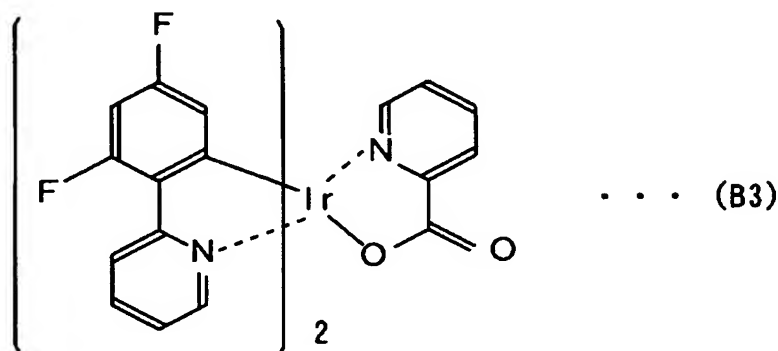
なお、式 (B2) 中の R11 は水素原子、ハロゲン原子または置換基を示す。R11 の置換基は、例えば、 $-C_n H_{2n+1}$ ($n=0 \sim 10$)、フェニル基、ナフチル基、チオフェン基、 $-CN$ 、 $-N(C_n H_{2n+1})_2$ ($n=1 \sim 10$)、 $-COOC_n H_{2n+1}$ ($n=1 \sim 10$)、 $-F$ 、 $-Cl$ 、 $-Br$ 、 $-I$ 、 $-OCH_3$ 、 $-OC_2 H_5$ 等であってもよい。

【0071】

上記式 (B1) の化合物が下記式 (B3) で表される分子構造を有するビス (2- (2, 4-ジフルオロフェニル) ピリジン) (ピコリン酸) イリジウム (FIrpic と称する) であってもよい。

【0072】

【化14】

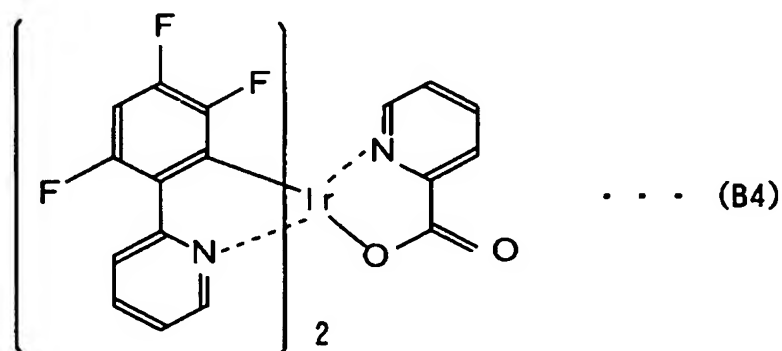


【0073】

上記式 (B1) の化合物が下記式 (B4) で表される分子構造を有するビス (2- (2, 4, 5-トリフルオロフェニル) ピリジン) (ピコリン酸) イリジウム (Ir (2, 4, 5-Fppy)₂ (pic) と称する) であってもよい。

【0074】

【化15】

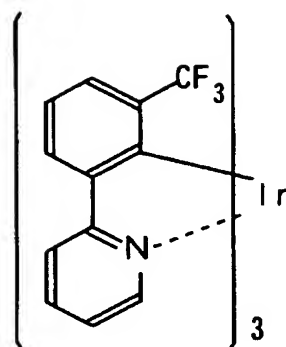


【0075】

上記式 (B1) の化合物が下記式 (B5) で表される分子構造を有するトリス (2- (5-トリフルオロメチルフェニル) ピリジン) イリジウム (Ir (5-CF₃ppy)₃ と称する) であってもよい。

【0076】

【化16】



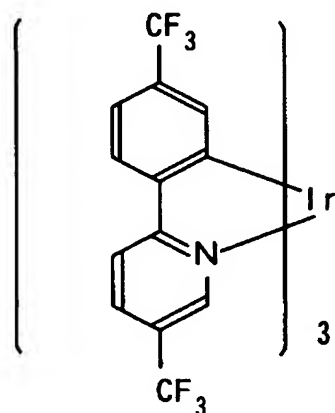
... (B5)

【0077】

上記式 (B1) の化合物が下記式 (B6) で表される分子構造を有するトリス (2- (4-トリフルオロメチルフェニル) -5-トリフルオロメチルピリジン) イリジウム (Ir (4, 5'-CF₃ppy)₃ と称する) であってもよい。

【0078】

【化17】



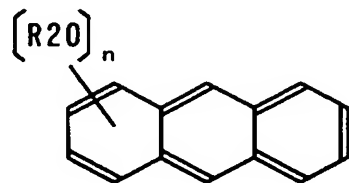
... (B6)

【0079】

また、青色光発光層 5 のホスト材料にドーブされる発光ドーパント (蛍光発光材料) は、下記式 (B7) の分子構造を有してもよい。

【0080】

【化18】



... (B7)

【0081】

式 (B7) 中の R20 は後述の置換基を示し、n は、1 ~ 10 の整数である。n が 2 以上の場合、R20 は同一または異なってもよい。R20 は、例えば、フェニル基、ヘテロアリール基等のアリール基であり、ヘテロ原子に酸素原子、硫黄原子もしくは窒素原子および／またはハロゲン原子を有してもよく、ヘテロ原子にヒドロキシ基、アミノ基、スルホ基、ホスホ基、カルボキシ基、アルデヒド基、カルバゾール基等から選択された置換基を有してもよく、あるいはヘテロ原子に酸素原子、硫黄原子もしくは窒素原子および

／またはハロゲン原子ならびに上記の置換基を有してもよい。また、R20は、アントラセン環のいずれの位置に置換されていてもよく、複数アントラセン環に置換されていてもよい。R20は、互いに異なる複数の置換基であってもよい。

【0082】

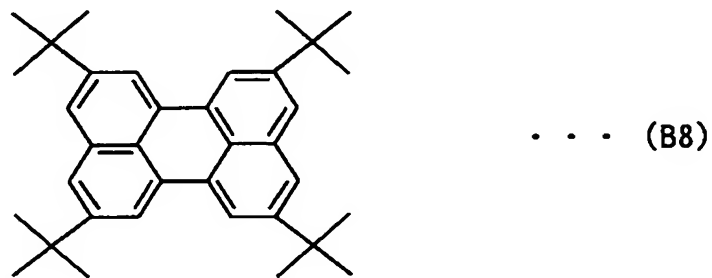
上記発光ドーパントが発する光強度のピーク波長は、430nm～510nmである。それにより、青色光発光層5は、主として青色光を発する。

【0083】

例えば、青色光発光層5のホスト材料にドーパされる発光ドーパント（蛍光発光材料）には、下記式（B8）で表される分子構造を有する1,4,7,10-テトラターシャリーブチルペリレン（1,4,7,10-Tetra-tert-butylPerylene：以下、TBPと称する）が用いられる。

【0084】

【化19】



【0085】

青色光発光層5のホスト材料にドーパされる補助ドーパントには、ホール輸送層として用いたNPBまたはルブレンが用いられる。

【0086】

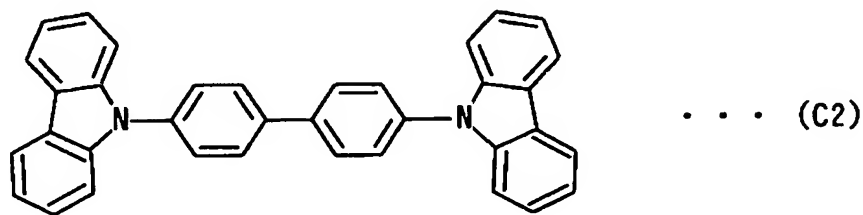
青色光発光層5は、例えば、ホスト材料に対して発光ドーパントの体積率が2%程度であり、補助ドーパントの体積率が0%～40%である。補助ドーパントの好ましい体積率は、3%～40%である。

【0087】

オレンジ光発光層6は、発光ドーパントがドーパされたホスト材料から構成される。オレンジ光発光層6のホスト材料は、例えば、下記式（C2）で表される分子構造を有する4,4'-ビス（カルバゾール-9-イル）-ビフェニル（4,4'-Bis(carbazol-9-yl)-biphenyl：以下、CBPと称する）から構成される。

【0088】

【化20】

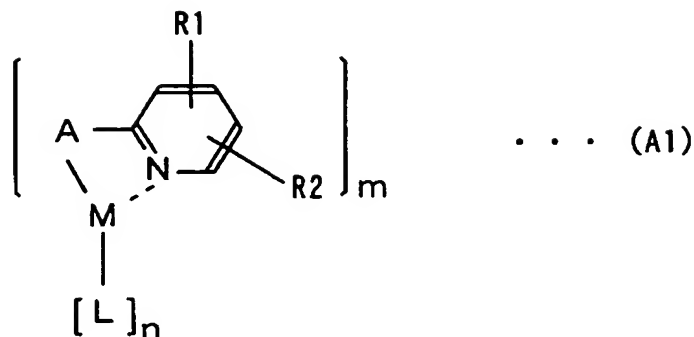


【0089】

オレンジ光発光層6のホスト材料にドーパされる発光ドーパントは、下記式（A1）で表される分子構造を有することが好ましい。なお、式（A1）中のR1およびR2は互いに同一または異なり、水素原子、ハロゲン原子または置換基である。Aは置換基であり、Lは配位子であり、Mは重金属である。

【0090】

【化21】



【0091】

R1およびR2の置換基は、例えば、シアノ基、シリル基、アルキニル基、アルケニル基、アルコキシ基、ヒドロキシ基、アミノ基、ニトロ基、ニトリル基、スルホ基、カルボキシ基、アルデヒド基等であり、20個までの炭素原子を有する飽和もしくは不飽和の直鎖もしくは枝分かれ状のものである。

【0092】

あるいは、R1およびR2の置換基は、ピリジン環と縮合するアリール基、複素芳香族基、縮合芳香族基等である。これらの基は、アルキル基、アルケニル基、アシクロアルキル基、アリール基等を有し、アリール基は、例えば、フェニル基またはヘテロアリール基であり、ヘテロ原子に酸素原子、硫黄原子もしくは窒素原子および／またはハロゲン原子、ヒドロキシ基、アミノ基、スルホ基、ホスホ基、カルボキシ基、アルデヒド基等から選択された置換基を有してもよい。R1とR2とは互いに結合または環化してもよい。

【0093】

上記式(A1)のR1が水素原子であり、R2が下記式(A2)に示される置換基であってもよい。下記式(A2)中のR3は水素原子、ハロゲン原子または置換基である。

【0094】

【化22】



【0095】

なお、R3の置換基は、例えば、 $-\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$ ($n=0\sim10$)、フェニル基、ナフチル基、チオフェン基、 $-\text{CN}$ 、 $-\text{N}(\text{C}_n\text{H}_{2n+1})_2$ ($n=1\sim10$)、 $-\text{COOC}_n\text{H}_{2n+1}$ ($n=1\sim10$)、 $-\text{F}$ 、 $-\text{Cl}$ 、 $-\text{Br}$ 、 $-\text{I}$ 、 $-\text{OCH}_3$ 、 $-\text{OC}_2\text{H}_5$ 等であってもよい。

【0096】

式(A1)中のLの配位子は、例えば、ハロゲン配位子、ピコリン酸、サリチル酸等のカルボン酸配位子、イミン配位子、アセチルアセトン、ジベンゾイルメタン等のジケトン配位子、リン配位子、フェニルピリジン等のオルトカルボメタル化配位子等であってもよい。

【0097】

また、上記式(A1)中のMの重金属が白金、パラジウム、イリジウム、ロジウム、レニウム等であってもよい。

【0098】

上記式(A1)中のm, nは、 $2m+2n=6$ または $2m+n=6$ ($m=1, 2, 3$)の関係を有する。Lは、Mに対して単座または2座配位子である。

【0099】

また、上記式 (A1) 中の A の置換基は下記式 (A3) であってもよい。

【0100】

【化23】



【0101】

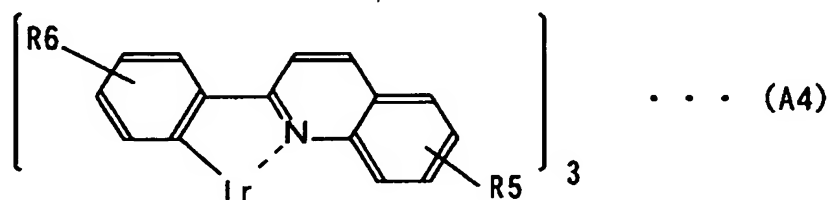
なお、式 (A3) 中の R4 は水素原子、ハロゲン原子または置換基を示す。R4 の置換基は、例えば、 $-C_n H_{2n+1}$ ($n=0 \sim 10$)、フェニル基、ナフチル基、チオフェン基、 $-CN$ 、 $-N(C_n H_{2n+1})_2$ ($n=1 \sim 10$)、 $-COOC_n H_{2n+1}$ ($n=1 \sim 10$)、 $-F$ 、 $-Cl$ 、 $-Br$ 、 $-I$ 、 $-OCH_3$ 、 $-OC_2 H_5$ 等であってもよい。

【0102】

また、上記式 (A1) の化合物が下記式 (A4) で表される分子構造を有するトリス (2-フェニルキノリン) イリジウム (Tris(2-phenylquinoline)iridium: 以下 Ir (ph q) と称する) 骨格を有してもよい。

【0103】

【化24】



【0104】

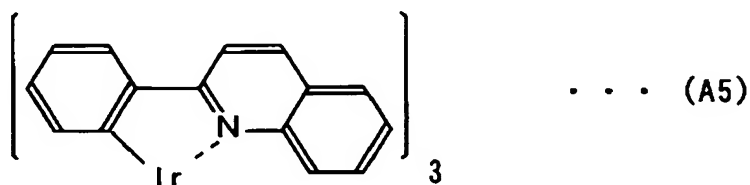
式 (A4) 中の R5 および R6 は水素原子、ハロゲン原子または置換基である。R5 および R6 の置換基は、例えば、 $-C_n H_{2n+1}$ ($n=0 \sim 10$)、フェニル基、ナフチル基、チオフェン基、 $-CN$ 、 $-N(C_n H_{2n+1})_2$ ($n=1 \sim 10$)、 $-COOC_n H_{2n+1}$ ($n=1 \sim 10$)、 $-F$ 、 $-Cl$ 、 $-Br$ 、 $-I$ 、 $-OCH_3$ 、 $-OC_2 H_5$ 等であってもよい。

【0105】

上記式 (A1) の化合物が下記式 (A5) で表される分子構造を有するトリス (2-フェニルキノリン) イリジウム (Tris(2-phenylquinoline)iridium: Ir (ph q) と称する) であってもよい。

【0106】

【化25】



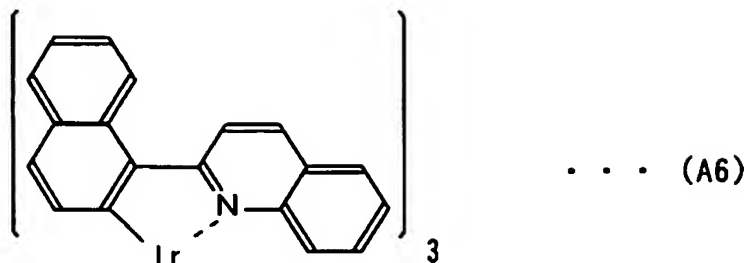
【0107】

上記式 (A1) の化合物が下記式 (A6) で表される分子構造を有するトリス (2-ナフチルキノリン) イリジウム (Tris(2-naphthylquinoline)iridium: Ir (Naph q) と称する) であってもよい。

と称する)であってもよい。

【0108】

【化26】



【0109】

上記発光ドーパントが発する光強度のピーク波長は、520 nm～680 nmである。それにより、オレンジ光発光層6は、主としてオレンジ光を発する。また、オレンジ光発光層6は、例えば、ホスト材料の膜厚に対して発光ドーパントが6.5%程度である。

【0110】

図2は、第1の実施の形態に係る有機EL素子におけるホール輸送層4、青色光発光層5、ホスト材料、発光ドーパントおよび補助ドーパントの最低空分子軌道(LUMO)および最高被占有分子軌道(HOMO)のエネルギー準位を示す図である。

【0111】

図1で説明したように、ホール輸送層4と補助ドーパントとは同一材料を用いているため、ホール輸送層4のHOMOレベルH0と補助ドーパントのHOMOレベルH2とは同エネルギー準位である。

【0112】

図2に示すように、青色光発光層5においては、(発光ドーパントのHOMOレベルH1) < (補助ドーパントのHOMOレベルH2) < (ホスト材料のHOMOレベルH3)の関係が成立する。なお、ホールのエネルギーは矢印の方向に高くなる。

【0113】

それにより、ホール輸送層4から青色光発光層5に供給されたホールは、青色光発光層5を通過しやすく、図1のオレンジ光発光層6に到達しやすい。その結果、電子とホールとがオレンジ光発光層6において再結合しやすくなり、オレンジ光発光層6が発する光の強度が大きくなる。したがって、ホール輸送層4から青色光発光層5に供給されるホールの大部分が青色光発光層5において電子と再結合することにより青色光発光層5の青色光の発光強度がオレンジ光発光層6でのオレンジ光の発光強度に比べて高くなることが防止される。

【0114】

この場合、青色光発光層5が発する青色光の強度とオレンジ光発光層6が発するオレンジ光の強度との比は、100対20～100となる。したがって、図1の有機EL素子は、効率良く白色光を発することができる。

【0115】

青色光発光層5のホスト材料にドーブされる補助ドーパントとして、オレンジ色光発光層6のホスト材料と同じ材料を用いてもよい。例えば、青色光発光層5のホスト材料にドーブされる補助ドーパントとしてCBPが用いられる。それにより、青色光発光層5への電子の注入量が増加し、青色光の発光強度が向上する。

【0116】

本実施の形態においては、青色光発光層5が短波長発光層に相当し、オレンジ光発光層6が長波長発光層に相当し、青色光発光層5のホスト材料が第1のホスト材料に相当し、青色光発光層5のホスト材料にドーブされる発光ドーパントが第1の発光材料に相当し、青色光発光層5のホスト材料にドーブされる補助ドーパントが第1の補助ドーパントに相当し、オレンジ光発光層6のホスト材料が第2のホスト材料に相当し、オレンジ光発

光層 6 のホスト材料にドーピングされる発光ドーパントが第 2 の燐光発光材料に相当し、オレンジ光発光層 6 のホスト材料にドーピングされる補助ドーパントが第 2 の補助ドーパントに相当する。

【0117】

(第 2 の実施の形態)

図 3 は、第 2 の実施の形態に係る有機 EL 素子を示す模式的な断面図である。

【0118】

図 3 の有機 EL 素子が図 1 の有機 EL 素子と異なる点は、図 3 の青色光発光層 5 a およびオレンジ光発光層 6 a が図 1 の青色光発光層 5 およびオレンジ光発光層 6 と逆に形成されている点である。

【0119】

オレンジ光発光層 6 a は、図 1 のオレンジ光発光層 6 のホスト材料に補助ドーパントがドーピングされた構成を有する。オレンジ光発光層 6 a のホスト材料にドーピングされる補助ドーパントには、ホール輸送層 4 に用いられる NPB、ルブレンまたは Ir (ppy) が用いられる。

【0120】

オレンジ光発光層 6 a は、例えば、ホスト材料に対して発光ドーパントの体積率が 6.5% 程度であり、補助ドーパントの体積率が 0% ~ 40% である。補助ドーパントの好ましい体積率は、3% ~ 40% である。

【0121】

青色光発光層 5 a は、図 1 の青色光発光層 5 のホスト材料に補助ドーパントがドーピングされていない構成を有する。

【0122】

図 4 は、第 2 の実施の形態に係る有機 EL 素子におけるホール輸送層 4、オレンジ光発光層 6 a、ホスト材料、発光ドーパントおよび補助ドーパントの最低空分子軌道 (LUMO) および最高被占有分子軌道 (HOMO) のエネルギー準位を示す図である。

【0123】

図 3 で説明したように、ホール輸送層 4 と補助ドーパントとは同一材料を用いているため、ホール輸送層 4 の HOMO レベル H0 と補助ドーパントの HOMO レベル H5 とは同エネルギー準位である。

【0124】

図 4 に示すように、オレンジ光発光層 6 a においては、(発光ドーパントの HOMO レベル H4) < (補助ドーパントの HOMO レベル H5) < (ホスト材料の HOMO レベル H6) の関係が成り立つ。また、それぞれの HOMO レベルに関して、 $|(\text{ホスト材料の HOMO レベル H6}) - (\text{補助ドーパントの HOMO レベル H5})| < 0.4 \text{ eV}$ の関係と $|(\text{補助ドーパントの HOMO レベル H5}) - (\text{発光ドーパントの HOMO レベル H4})| < 0.4 \text{ eV}$ の関係とが成立する。

【0125】

それにより、ホール輸送層 4 からオレンジ光発光層 6 a に供給されたホールは、オレンジ光発光層 6 a を通過しやすく、図 3 の青色光発光層 5 a に到達しやすい。その結果、電子とホールとが青色光発光層 5 a において再結合しやすくなり、青色光発光層 5 a が発する光の強度が大きくなる。したがって、ホール輸送層 4 からオレンジ光発光層 6 a に供給されるホールの大部分がオレンジ光発光層 6 a において電子と再結合することによりオレンジ光発光層 6 a のオレンジ光の発光強度が青色光発光層 5 a での青色光の発光強度に比べて高くなることが防止される。

【0126】

この場合、オレンジ光発光層 6 a が発するオレンジ光の強度と青色光発光層 5 a が発する青色光の強度との比は、100 対 20 ~ 100 となる。したがって、図 3 の有機 EL 素子は、効率良く白色光を発することができる。

【0127】

青色光発光層 5 a のホスト材料にドーピングされる補助ドーパントとして、オレンジ色光発光層 6 a のホスト材料と同じ材料を用いてもよい。例えば、青色光発光層 5 a のホスト材料にドーピングされる補助ドーパントとして CBP が用いられる。それにより、青色光発光層 5 a へのホールの注入量が増加し、青色光の発光強度が向上する。

【実施例】

【0128】

以下、実施例 1～8 においては、青色光発光層 5, 5 a およびオレンジ光発光層 6, 6 a に用いるホスト材料およびドーパントの種類ならびにそれらの構成比率を変えて有機 EL 素子を作製し、ホスト材料およびドーパントの種類ならびにそれらの構成比率が発光効率に及ぼす影響を調べた。

【0129】

なお、実施例 1～3, 7 および比較例 1 の有機 EL 素子においては、第 1 の実施の形態の有機 EL 素子の構造を有し、ホール注入層 3 の膜厚は 10 nm、ホール輸送層 4 の膜厚は 50 nm、青色光発光層 5 の膜厚は 10 nm、オレンジ光発光層 6 の膜厚は 25 nm、電子輸送層 7 の膜厚は 20、電子注入層 8 の膜厚は 1 nm、陰極 9 の膜厚は 200 nm である。

【0130】

実施例 4～6, 8 および比較例 2 の有機 EL 素子においては、第 2 の実施の形態の有機 EL 素子の構造を有し、ホール注入層 3 の膜厚は 10 nm、ホール輸送層 4 の膜厚は 50 nm、オレンジ光発光層 6 a の膜厚は 10 nm、青色光発光層 5 a の膜厚は 25 nm、電子輸送層 7 の膜厚は 20、電子注入層 8 の膜厚は 1 nm、陰極 9 の膜厚は 200 nm である。

【0131】

以下、第 1 の実施の形態の有機 EL 素子の構造を構造 A と呼び、第 2 の実施の形態の有機 EL 素子の構造を構造 B と呼ぶ。

【0132】

(実施例 1)

実施例 1 では、構造 A の有機 EL 素子を作製した。まず、ガラス基板 1 上に、陽極 2 を 80 nm スパッタにより形成した。陽極 2 を形成したガラス基板 1 を中性洗剤および純水で洗浄した後、100℃で10時間以上ベークした。その後、UV/O₃ 洗浄を行い、 1×10^{-4} Pa 以下まで減圧した真空蒸着装置の槽内にセットした。

【0133】

ホール注入層 3 として CuPc を形成した後、ホール輸送層 4 として NPB を真空蒸着により形成した。次に、化合物 A をホスト材料とし、TBP を発光ドーパントとして青色光発光層 5 を形成した。TBP は、青色光発光層 5 に対して体積率が 2% になるようにドーピングした。

【0134】

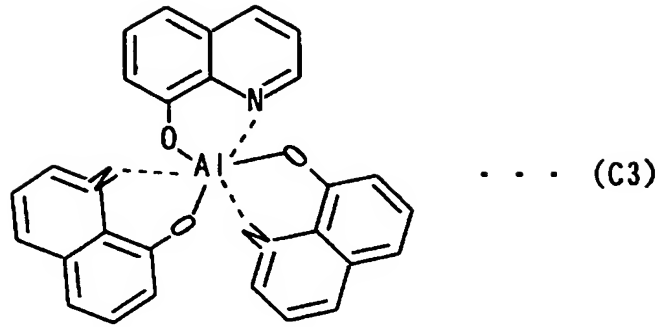
次に、CBP をホスト材料とし、Ir(phq) を発光ドーパントとしてオレンジ光発光層 6 を形成した。Ir(phq) は、オレンジ光発光層 6 に対して体積率が 6.5% になるようにドーピングした。

【0135】

次いで、電子輸送層 7 として下記式 (C3) で表される分子構造を有するトリス (8-ヒドロキシキノリナト) アルミニウム (Tris(8-hydroxyquinolato)aluminum: 以下、Alq と称する) を形成した。電子注入層 8 として LiF を形成し、陰極 9 として Al を形成した。有機 EL 素子を、乾燥剤を塗布したガラス板を用いて接着剤で露点 -80℃ の雰囲気下で封止した。その結果を表 1 に示す。

【0136】

【化 27】



【0137】

【表 1】

	素子構造	青色光発光層 ホスト材料/ 発光ドープメント	青色光 発光層 補助 ドープメント	オレンジ光 発光層 ホスト材料/ 発光ドープメント	オレンジ光発光層 補助ドープメント	発光色 (CIE x, y)	発光効率 (cd/A at 10mA/cm ²)	青色光発光層 /オレンジ光 発光層発光 ピーク強度比	駆動電圧 (V at 10mA/cm ²)
実施例 1	A	化合物 A/TBP	なし	CBP/Ir(phq)	なし	0.21, 0.36	6.8	100/21	9
実施例 2	A	化合物 A/TBP	NPB	CBP/Ir(phq)	なし	0.32, 0.37	24.3	100/62	7.1
実施例 3	A	化合物 A/TBP	NPB	CBP/Ir(phq)	なし	0.50, 0.42	5.1	23/100	8.2
実施例 4	B	化合物 A/TBP	なし	CBP/Ir(phq)	NPB	0.41, 0.42	22.7	59/100	7.9
実施例 5	B	化合物 A/TBP	なし	CBP/Ir(phq)	NPB	0.50, 0.45	13.8	21/100	8.6
実施例 6	B	化合物 A/TBP	なし	CBP/Ir(phq)	Ir(ppv)	0.47, 0.43	14.0	26/100	8.2
比較例 1	A	化合物 A/TBP	なし	Alq/DCJTb	なし	0.21, 0.34	2.3	100/8	8.1
比較例 2	B	化合物 A/TBP	なし	CBP/Ir(phq)	なし	0.55, 0.41	19.8	16/100	10.4

【0138】

(実施例 2)

実施例 2 では、実施例 1 において、化合物 A に TBP をドーピングするとともに補助ドーパントとして NPB をドーピングした。TBP および NPB は、青色光発光層 5 に対して体積率がそれぞれ 2% および 10% になるようにドーピングした。その他は実施例 1 と同じ方法で有機 EL 素子を作製した。その結果を表 1 に示す。

【0139】

(実施例 3)

実施例 3 では、実施例 2 において、化合物 A に TBP および NPB をドーピングする代わりに、TBP およびルブレンをドーピングした。TBP およびルブレンは、青色光発光層 5 に対して体積率がそれぞれ 2% および 10% になるようにドーピングした。その他は実施例 2 と同じ方法で有機 EL 素子を作製した。その結果を表 1 に示す。

【0140】

(実施例 4)

実施例 4 では、構造 B の有機 EL 素子を作製した。実施例 1 において、ホール輸送層 4 の形成後に、CBP をホスト材料とし、Ir (phq) を発光ドーパントとし、NPB を補助ドーパントとしてオレンジ光発光層 6a を形成した。Ir (phq) および NPB は、オレンジ光発光層 6a に対して体積率がそれぞれ 6.5% および 10% になるようにドーピングした。

【0141】

オレンジ光発光層 6a を形成した後に、化合物 A をホスト材料とし、TBP を発光ドーパントとして青色光発光層 5a を形成した。TBP は、青色光発光層 5a に対して体積率が 2.0% になるようにドーピングした。その他は実施例 1 と同じ方法で有機 EL 素子を作製した。その結果を表 1 に示す。

(実施例 5)

実施例 5 では、実施例 4 において、Ir (phq) および NPB を CBP にドーピングする代わりに、Ir (phq) およびルブレンを CBP にドーピングした。Ir (phq) およびルブレンは、オレンジ光発光層 6a に対して体積率がそれぞれ 6.5% および 10% になるようにドーピングした。その他は実施例 4 と同じ方法で有機 EL 素子を作製した。

【0142】

(実施例 6)

実施例 6 では、実施例 4 において、Ir (phq) および NPB を CBP にドーピングする代わりに、Ir (phq) および Ir (ppy) を CBP にドーピングした。Ir (phq) および Ir (ppy) は、オレンジ光発光層 6a に対して体積率がそれぞれ 6.5% および 2% になるようにドーピングした。その他は実施例 4 と同じ方法で有機 EL 素子を作製した。

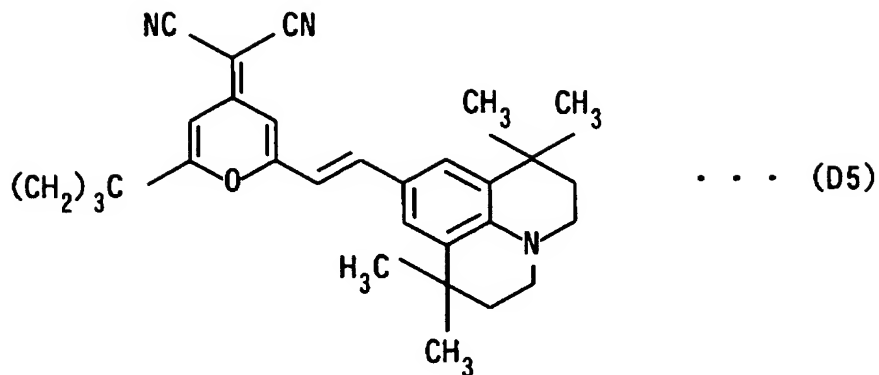
【0143】

(比較例 1)

比較例 1 では、実施例 1 において、CBP に Ir (phq) をドーピングする代わりに Alq をホストとして下記式 (D5) で表される分子構造を有する (2- (1, 1-ジメチルエチル) -6- (2- (2, 3, 6, 7-テトラヒドロ-1, 1, 7, 7-テトラメチル-1II, 5II-ベンゾ [ij] キノリジン-9-イル) エテニル) -4H-ピラン-4-イリデン) プロパンジニトリル ((2-(1,1-Dimethylethyl)-6-(2-(2,3,6,7-tetrahydro-1,1,7,7-tetramethyl-1II,5II-benzo [ij] quinolizin-9-yl)ethenyl)-4H-pyran-4-ylidene)propanedinitrile: 以下、DCJTB と称する) をドーピングした。DCJTB は、オレンジ光発光層 6 に対して体積率が 1.0% になるようにドーピングした。その他は実施例 1 と同じ方法で有機 EL 素子を作製した。

【0144】

【化 28】



【0145】

(比較例 2)

比較例 2 では、実施例 4 において、NPB をホスト材料にドーピングしなかった。その他は実施例 4 と同じ方法で有機 EL 素子を作製した。その結果を表 1 に示す。

【0146】

(評価 1)

実施例 1～6 および比較例 1, 2 で作製した有機 EL 素子の発光特性を測定した。表 1 に実施例 1～6 および比較例 1, 2 で作製した有機 EL 素子の構造、各層の材料および発光特性の測定結果を示す。

【0147】

実施例 1～6 で作製した有機 EL 素子は、オレンジ発光層 6 または 6a に Ir (phq) がドーピングされることにより、比較例 1 に比較して発光効率が 2 倍以上となった。特に実施例 2, 4 においては、発光効率が大幅に向上した。

【0148】

また、実施例 1～6 で作製した有機 EL 素子は、青色光ピーク強度とオレンジ光ピーク強度との比が改善されている。比較例 1, 2 では、青色光ピーク強度およびオレンジ光ピーク強度のいずれか一方の光ピーク強度が過度に高い。それに比較して、実施例 2～6 では、青色光ピーク強度とオレンジ光ピーク強度との比が平滑化されている。これは、図 2 および図 4 で説明したように、補助ドーパントを青色光発光層 5 またはオレンジ光層発光層 6a にドーピングすることにより、ホールが通過しやすくなり、電子とホールとが結合する位置が変化したためである。

【0149】

図 5 は、実施例 1, 2, 4 および比較例 2 で作製した有機 EL 素子が発する光強度スペクトルを示す図である。図 5 の縦軸は光強度を示し、横軸は光の波長を示す。

【0150】

図 5 に示すように、実施例 1 で作製した有機 EL 素子においては、青色光は光強度の高いピークを有するが、オレンジ光は光強度のピークがほとんど見られない。それに比較して、実施例 2 で作製した有機 EL 素子においては、青色光およびオレンジ光の両方が高いピークを有する。それにより、実施例 2 の有機 EL 素子は、効率良く白色光を発することがわかる。

【0151】

また、比較例 2 で作製した有機 EL 素子においては、オレンジ光は光強度の高いピークを有するが、青色光の光強度のピークはほとんど見られない。それに比較して、実施例 4 で作製した有機 EL 素子においては、青色光およびオレンジ光の両方が光強度の高いピークを有する。それにより、実施例 4 の有機 EL 素子は、効率良く白色光を発することがわかる。

【0152】

(実施例 7)

実施例 7 では、実施例 2 において、青色光発光層 5 に対して NPB の体積率を 0 % ~ 50 % まで変化させた。その他は実施例 2 と同じ方法で有機 EL 素子を作製した。

【0153】

(評価 2)

実施例 7 で作製した有機 EL 素子の各発光特性を測定した。図 6 は、NPB ドープ濃度とオレンジ発光層 6 の発光ピーク強度および発光色 (CIE の x 値) との関係の測定結果を示す図である。図 6 の縦軸は青色光発光層 5 の発光ピーク強度を 100 とした場合のオレンジ光発光層 6 の発光ピーク強度の比および CIE の x 値である。横軸は青色光発光層 5 にドープした NPB の濃度である。

【0154】

図 6 に示すように、NPB の体積率が 10 % を超えるとオレンジ発光層 6 の高い発光ピーク強度比が得られた。

【0155】

(実施例 8)

実施例 8 では、実施例 4 において、オレンジ光発光層 6 a に対して NPB の体積率を 0 % ~ 50 % まで変化させた。その他は実施例 4 と同じ方法で有機 EL 素子を作製した。

【0156】

(評価 3)

実施例 8 で作製した有機 EL 素子の各特性を測定した。図 7 は、NPB ドープ濃度と青色光発光層 5 a の発光ピーク強度および発光色 (CIE の x 値) との関係の測定結果を示す図である。

【0157】

図 7 の縦軸はオレンジ光発光層 6 a の発光ピーク強度を 100 とした場合の青色光発光層 5 a の発光ピーク強度の比および CIE の x 値である。横軸はオレンジ光発光層 6 a にドープした NPB の濃度である。

【0158】

図 7 に示すように、NPB の体積率が 10 % を超えると青色光発光層 5 a の高い発光ピーク強度比が得られた。

【0159】

(実施例 9)

実施例 9 では、実施例 4 において、オレンジ光発光層 6 a に NPB からなる補助ドーパントをドープせずに青色光発光層 5 a に補助ドーパントとして CBP をドープした。CBP は、青色光発光層 5 a に対して体積率が 10 % となるようにドープした。その他は実施例 4 と同じ方法で有機 EL 素子を作製した。

【0160】

(実施例 10)

実施例 10 では、実施例 4 において、青色光発光層 5 a に補助ドーパントとして CBP をドープした。CBP は、青色光発光層 5 a に対して体積率が 10 % となるようにドープした。その他は実施例 4 と同じ方法で有機 EL 素子を作製した。

【0161】

(比較例 3)

比較例 3 では、実施例 9 において、青色光発光層 5 a に補助ドーパントとして CBP をドープする代わりに青色光発光層 5 a に補助ドーパントとして NBP をドープした。NBP は、青色光発光層 5 a に対して体積率が 10 % となるようにドープした。その他は実施例 9 と同じ方法で有機 EL 素子を作製した。

【0162】

(実施例 11)

実施例 11 では、実施例 1 において、青色光発光層 5 に補助ドーパントとして CBP をドープし、オレンジ光発光層 6 に発光ドーパントとして Ir (Naphq) をドープしかつ補助ドーパントとして Ir (phq) をドープした。CBP は、青色光発光層 5 に対して

体積率が10%となるようにドーピングした。Ir(Naphq)およびIr(phq)は、オレンジ色光発光層6に対して体積率がそれぞれ1%および9%となるようにドーピングした。その他は実施例1を同じ方法で有機EL素子を作製した。

【0163】

(比較例4)

比較例4では、実施例11において、青色光発光層5に補助ドーパントをドーピングしなかった。その他は実施例11と同じ方法で有機EL素子を作製した。

【0164】

(評価4)

実施例9～11および比較例3, 4で作製した有機EL素子の発光特性を測定した。表2に実施例9～11および比較例3, 4で作製した有機EL素子の構造、各層の材料および発光特性の測定結果を示す。

【0165】

【表 2】

	素子構造	青色光発光層 ホスト材料/ 発光ド-パント	青色光 発光層 補助 ド-パント	オレンジ光 発光層 ホスト材料/ 発光ド-パント	オレンジ光発光層 補助ド-パント	発光色 (CIE x, y)	発光効率 (cd/A at 10mA/cm ²)	青色光発光層 /オレンジ光 発光層発光 ピーク強度比	駆動電圧 (V at 10mA/cm ²)
実施例 9	B	化合物 A/TBP	CBP10%	CBP/Ir(phq)6.5%	なし	0.42, 0.41	34.8	58/100	8
実施例 10	B	化合物 A/TBP	CBP10%	CBP/Ir(phq)6.5%	NPB10%	0.32, 0.37	24.2	100/42	7.8
比較例 3	B	化合物 A/TBP	NPB10%	CBP/Ir(phq)6.5%	なし	0.50, 0.43	21.6	65/100	8.2
実施例 11	A	化合物 A/TBP	CBP10%	CBP/Ir(Naphq)1%	Ir(phq)9%	0.36, 0.37	18.5	100/67	8.9
比較例 4	A	化合物 A/TBP	なし	CBP/Ir(Naphq)1%	Ir(phq)9%	0.21, 0.37	12.8	100/24	9.2

【0166】

実施例 9, 10 で作製した有機 EL 素子においては、比較例 3 の有機 EL 素子に比べて

発光効率が向上するとともに、駆動電圧が低減された。これは、青色光発光層 5 a にオレンジ色光発光層 6 a のホスト材料であると同じ材料が補助ドーパントとしてドーブされることにより、オレンジ色光発光層 6 a のホスト材料の HOMO レベルと青色光発光層 5 a の補助ドーパントの HOMO レベルとが同じエネルギー準位となるため、青色光発光層 5 a へのホールの注入量が増加するためであると考えられる。

【0167】

また、実施例 10 では、オレンジ色光発光層 6 a に NPB がドーブされることにより、最もバランスのよい白色光が得られた。

【0168】

実施例 11 で作製した有機 EL 素子においては、比較例 4 の有機 EL 素子に比べて発光効率が向上するとともに、駆動電圧が低減された。これは、青色光発光層 5 にオレンジ色光発光層 6 のホスト材料と同じ材料が補助ドーパントとしてドーブされることにより、オレンジ色光発光層 6 のホスト材料の LUMO レベルと青色光発光層 5 の補助ドーパントの LUMO レベルとが同じエネルギー準位となるため、青色光発光層 5 への電子の注入量が増加するためであると考えられる。なお、CBP はホール輸送性および電子輸送性を有するバイポーラ材料である。

【0169】

また、実施例 11 では、オレンジ色光発光層 6 a に補助ドーパントとして Ir (phq) がドーブされることにより、バランスのよい白色光が得られた。

【0170】

(実施例 12)

実施例 12 では、構造 A の有機 EL 素子を作製した。青色光発光層 5 のホスト材料として CBP を用い、発光ドーパントとして燐光発光材料である FIrpic を用いた。FIrpic は、青色光発光層 5 に対して体積率が 6.5% になるようにドーブした。

【0171】

また、オレンジ色光発光層 6 a のホスト材料として CBP を用い、発光ドーパントとして燐光発光材料である Ir (phq) を用い、補助ドーパントとして Ir (ppy) を用いた。Ir (phq) および Ir (ppy) は、オレンジ色光発光層 6 に対して体積率がそれぞれ 1% および 6.5% になるようにドーブした。その他の点は実施例 1 と同じ方法で有機 EL 素子を作製した。

【0172】

(実施例 13)

実施例 12 では、構造 B の有機 EL 素子を作製した。青色光発光層 5 a のホスト材料として CBP を用い、発光ドーパントとして燐光発光材料である FIrpic を用いた。FIrpic は、青色光発光層 5 に対して体積率が 6.5% になるようにドーブした。

【0173】

また、オレンジ色光発光層 6 a のホスト材料として CBP を用い、発光ドーパントとして燐光発光材料である Ir (phq) を用い、補助ドーパントとして Ir (ppy) を用いた。Ir (phq) および Ir (ppy) は、オレンジ色光発光層 6 a に対して体積率がそれぞれ 1% および 6.5% になるようにドーブした。その他の点は実施例 4 と同じ方法で有機 EL 素子を作製した。

【0174】

(評価 5)

実施例 13, 14 で作製した有機 EL 素子の発光特性を測定した。表 3 に実施例 13, 14 で作製した有機 EL 素子の構造、各層の材料および発光特性の測定結果を示す。

【0175】

【表 3】

	素子構造	青色光発光層 ホスト材料/ 発光ドープ	青色光 発光層 補助 ドープ	オレンジ光 発光層 ホスト材料/ 発光ドープ	オレンジ光発光層 補助ドープ	発光色 (CIE x, y)	発光効率 (cd/A at 10mA/cm ²)	青色光発光層 /オレンジ光 発光層発光 比の強度比	駆動電圧 (V at 10mA/cm ²)
実施例 12	A	CBP/FIrpic6.5%	なし	CBP/Ir(phq)1%	Ir(ppy)6.5%	0.41, 0.47	24	64/100	9.3
実施例 13	B	CBP/FIrpic6.5%	なし	CBP/Ir(phq)1%	Ir(ppy)6.5%	0.53, 0.42	27	20/100	9.1

【0176】

実施例 12, 13 で作製した有機 EL 素子においては、青色光発光層 5, 5a およびオレンジ色光発光層 6, 6a の両方に発光ドーパントとして燐光発光材料を用いることにより、発光効率が大幅に向上した。

【産業上の利用可能性】

【0177】

本発明に係る有機エレクトロルミネッセンス素子は、各種表示装置、各種光源等に利用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0178】

【図1】本発明の一実施の形態に係る有機 EL 素子を示す模式的な断面図である。

【図2】第1の実施の形態に係る有機 EL 素子におけるホール輸送層、青色光発光層、ホスト材料、発光ドーパントおよび補助ドーパントの最低空分子軌道 (LUMO) および最高被占有分子軌道 (HOMO) のエネルギー準位を示す図である。

【図3】第2の実施の形態に係る有機 EL 素子を示す模式的な断面図である。

【図4】第2の実施の形態に係る有機 EL 素子におけるホール輸送層、オレンジ光発光層、ホスト材料、発光ドーパントおよび補助ドーパントの最低空分子軌道 (LUMO) および最高被占有分子軌道 (HOMO) のエネルギー準位を示す図である。

【図5】実施例 1, 2, 4 および比較例 2 で作製した有機 EL 素子が発する光強度スペクトルを示す図である。

【図6】NPBドーパント濃度とオレンジ発光層の発光ピーク強度および発光色 (CIE の x 値) との関係の測定結果を示す図である。

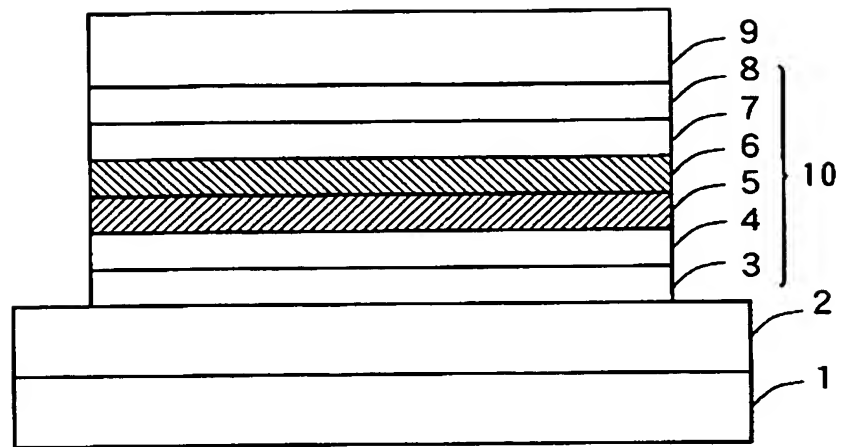
【図7】NPBドーパント濃度と青色光発光層の発光ピーク強度および発光色 (CIE の x 値) との関係の測定結果を示す図である。

【符号の説明】

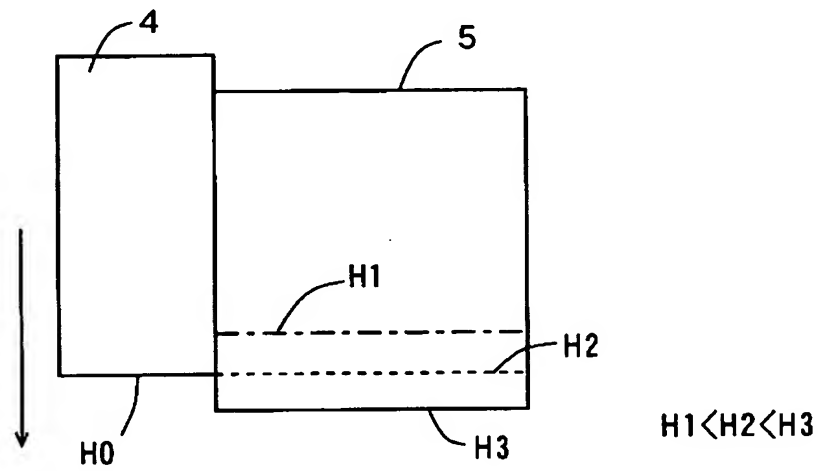
【0179】

- 1 ガラス基板
- 2 陽極
- 3 ホール注入層
- 4 ホール輸送層
- 5, 5a 青色光発光層
- 6, 6a オレンジ光発光層
- 7 電子輸送層
- 8 電子注入層
- 9 陰極
- 10 有機薄膜層

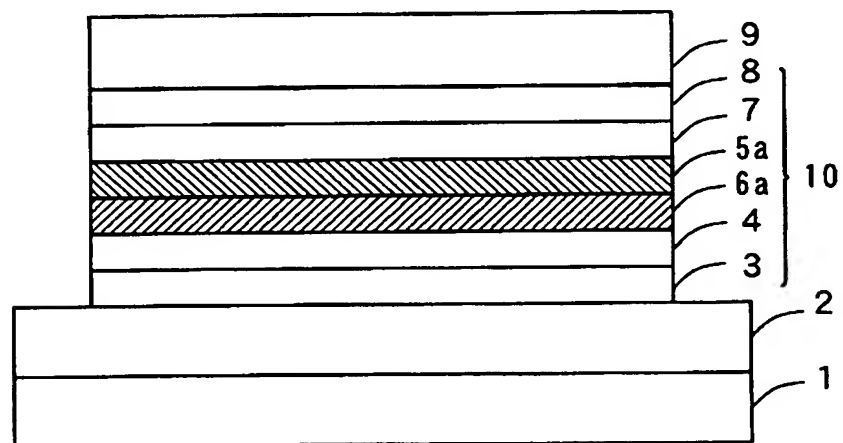
【書類名】 図面
【図 1】



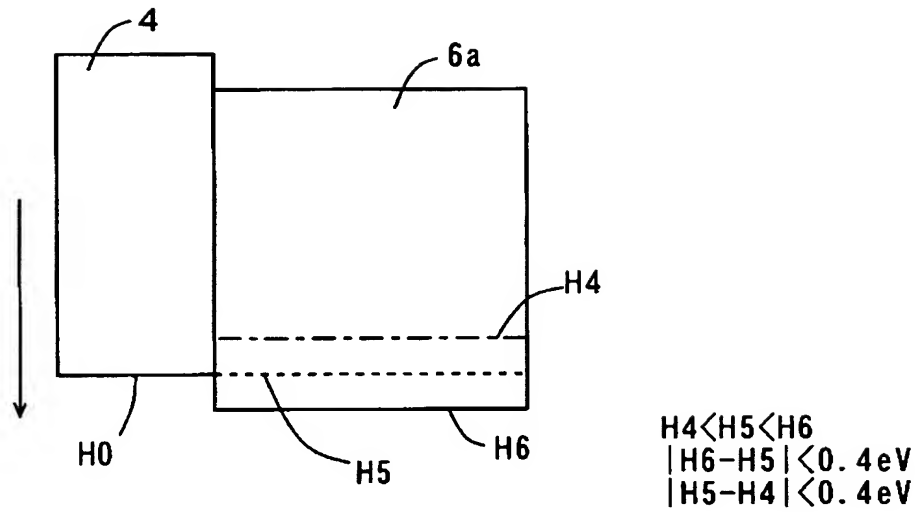
【図 2】



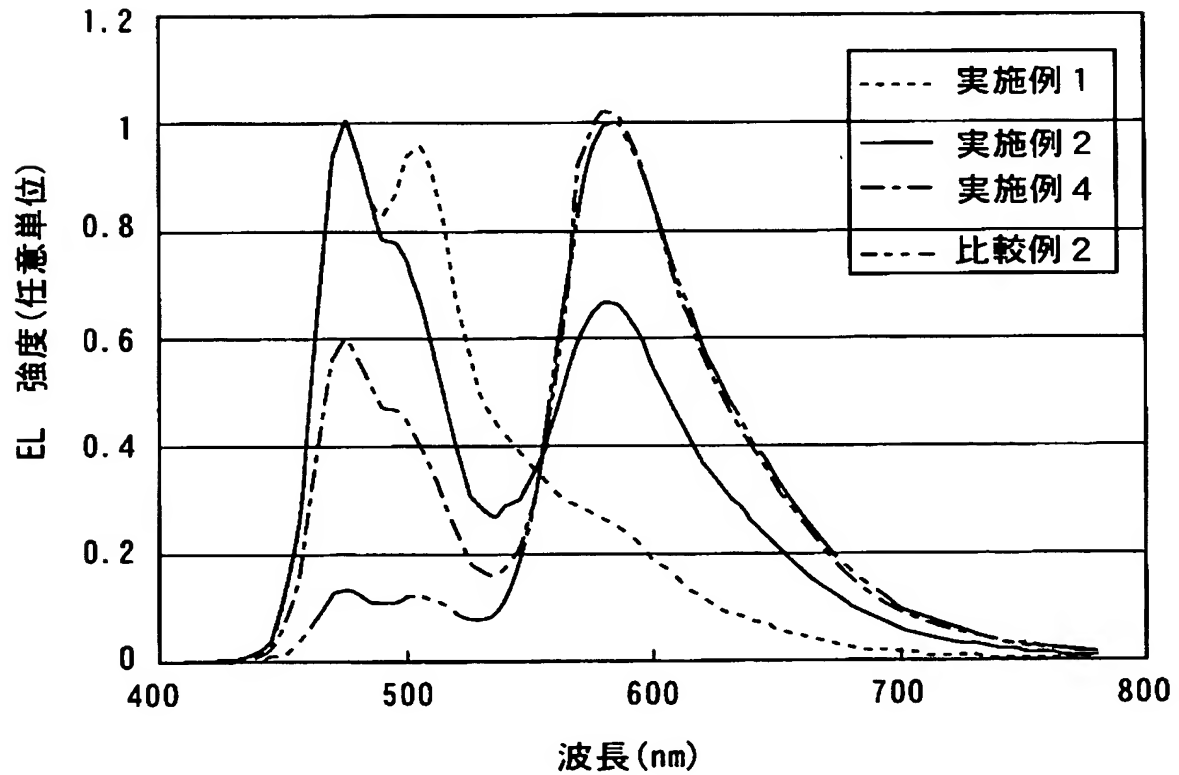
【図 3】



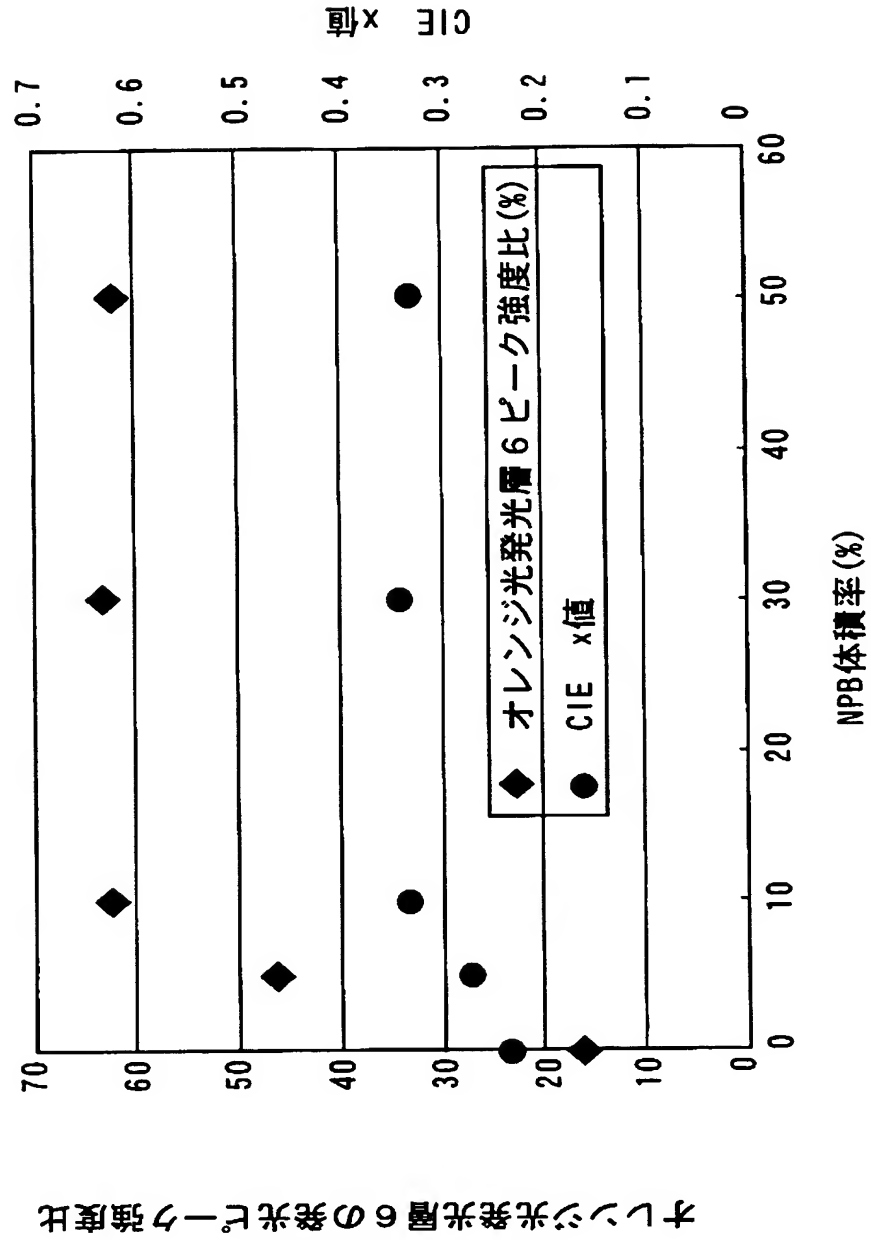
【図 4】



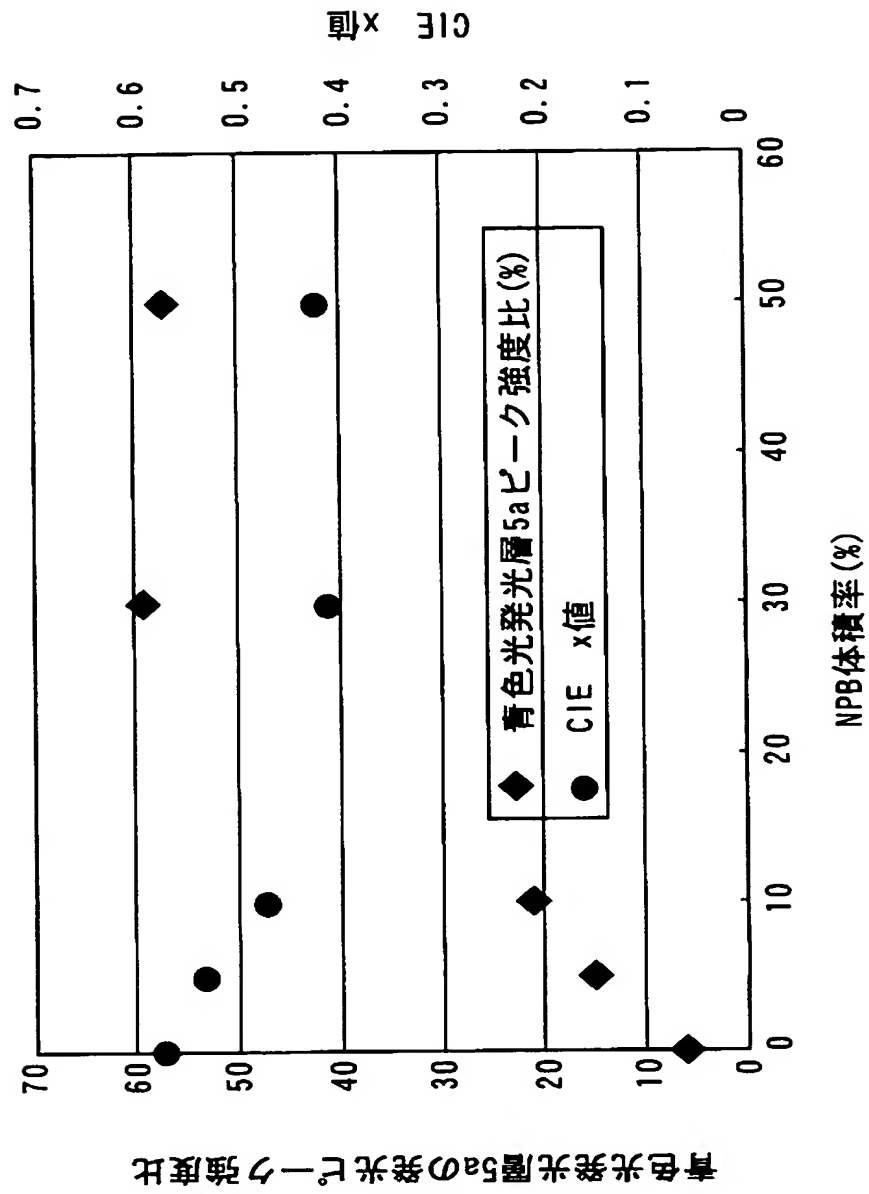
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高効率な白色光の取り出しが可能な有機EL素子を提供する。

【解決手段】 陽極2上に、ホール注入層3、ホール輸送層4、青色光発光層5、オレンジ光発光層6、電子輸送層7、電子注入層8および陰極9が順に形成される。青色光発光層5は、補助ドーパントおよび青色光を発する発光ドーパントがドーブされたホスト材料から構成される。補助ドーパントには、ホール輸送層4に用いた材料が用いられる。オレンジ光発光層6は、オレンジ光を発する発光ドーパントがドーブされたホスト材料から構成される。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 4 - 0 7 9 2 1 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 1 8 8 9]

1. 変更年月日	1 9 9 3 年 1 0 月 2 0 日
[変更理由]	住所変更
住 所	大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号
氏 名	三洋電機株式会社